

Acidez do Solo e sua Correção em Palma de Óleo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 386

Acidez do Solo e sua Correção em Palma de Óleo

*Vinícius Ide Franzini
Alysson Roberto Baizi e Silva
Rui Alberto Gomes Junior*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
Caixa Postal 48. CEP 66095-100 - Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.cpatu.embrapa.br
cpatu.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Michell Olivio Xavier da Costa*
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*
Márcia Mascarenhas Grise
José Edmar Urano de Carvalho
Regina Alves Rodrigues
Rosana Cavalcante de Oliveira

Revisão técnica:

Ismael de Jesus Matos Viégas – Ufra
Edson Alves de Araújo – Secretaria de Agricultura e Pecuária do Acre

Supervisão editorial: *Luciane Chedid Melo Borges*

Revisão de texto: *Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac P. Braga Gonçalves*

Tratamento de ilustrações: *Vitor Trindade Lôbo*

Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*

Foto da capa: *Vinícius Ide Franzini*

1ª edição

1ª impressão (2012): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazônia Oriental

Franzini, Vinícius Ide

Acidez do solo e sua correção em palma de óleo / Vinícius Ide Franzini, Alysson Roberto Baizi e Silva, Rui alberto Gomes Junior .- Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

37 p. il. color. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, INSS 1517-2201; 386).

1. Dendê - Acidez do solo. 2. Óleo vegetal. 3. Palma de óleo.
4. Elaeis guineenses. I. Silva, Alysson Roberto Baizi e. II. Gomes Junior, Rui Alberto . III. Título. IV. Série.

Autores

Vinícius Ide Franzini

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, vinicius.franzini@embrapa.br.

Alysson Roberto Baizi e Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, alysson.silva@embrapa.br.

Rui Alberto Gomes Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, rui.gomes@embrapa.br.

Agradecimentos

À empresa Marborges Agroflorestal Ltda. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - projeto 482500/2009-3).

Apresentação

Esta publicação resulta de revisão de literatura, com enfoque em resultados de pesquisa publicados recentemente, referentes à correção da acidez do solo para a palma de óleo.

Atualmente, a prática da calagem na implantação de palmares é assunto que apresenta divergência entre os produtores no Pará. Uma parte considera não necessária sua realização, por conta da não adoção pelos principais produtores mundiais de palma de óleo. Outros consideram que a calagem pode melhorar a fertilidade do solo, fornecer nutrientes e aumentar a eficiência dos fertilizantes, mas não a realizam por falta de conhecimentos e pela escassez de estudos sobre a correção da acidez do solo para essa cultura.

As informações apresentadas neste documento contribuirão para direcionar pesquisas relacionadas à correção do solo e adubação para a palma de óleo no Estado do Pará, e poderão auxiliar produtores rurais nas decisões a serem tomadas nos palmares.

Claudio José Reis de Carvalho

Chefe-geral da Embrapa Amazônia Oriental

Sumário

Acidez do Solo e sua Correção em Palma de Óleo	11
Introdução.....	11
Acidez dos solos cultivados com palma de óleo.....	12
Correção da acidez de solos cultivados com palma de óleo.....	14
Impacto na fertilidade do solo e na eficiência de fertilizantes.....	14
Resultados de estudos recentes.....	18
Corretivos de acidez do solo	22
Efeito da aplicação de cachos vazios no pH e no teor de Al trocável do solo.....	25
Considerações finais	27
Referências	29

Acidez do Solo e sua Correção em Palma de Óleo

Vinícius Ide Franzini
Alysson Roberto Baizi e Silva
Rui Alberto Gomes Junior

Introdução

O óleo de palma é o óleo vegetal mais produzido no mundo e os principais produtores mundiais de palma de óleo (dendê) são a Indonésia e a Malásia (OIL... , 2011). No Brasil, o maior produtor é o Estado do Pará, com área cultivada e produção de óleo de palma estimadas em aproximadamente 90 mil hectares e 180 mil toneladas, respectivamente (AGRIANUAL, 2010).

A palma de óleo é cultivada predominantemente em solos ácidos e de baixa fertilidade no Sudeste Asiático (MUTERT, 1999; SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011) e no Brasil (MACÊDO; RODRIGUES, 2000; VIÉGAS; BOTELHO, 2000). No entanto, a prática da calagem não é realizada nos palmares, pois essa cultura é considerada tolerante à acidez do solo. Entretanto, estudos recentes têm mostrado que a palma de óleo pode se beneficiar da correção da acidez do solo (CRISTANCHO et al., 2011a; CRISTANCHO et al., 2011b; CRISTANCHO et al., 2011c).

Como a palma de óleo é muito exigente em nutrientes e é cultivada, principalmente, em solos de baixa fertilidade, há necessidade de aplicação de altas doses de fertilizantes para atingir boas produtividades

(SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011). Os fertilizantes, por sua vez, são responsáveis por grande parte do custo de produção da palma de óleo (RANKINE; FAIRHURST, 2008).

A agricultura moderna exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades agrônômica, econômica e ambientalmente adequadas. Nesse sentido, possivelmente, a prática da calagem pode resultar em ganhos para a cadeia produtiva da palma de óleo.

Sendo assim, o objetivo principal desse documento é apresentar e discutir resultados de estudos referentes à correção da acidez do solo para palma de óleo.

Acidez dos solos cultivados com palma de óleo

A acidez dos solos é um dos fatores que mais limitam a produtividade das culturas em solos tropicais (FAGERIA; BALIGAR, 2008). Estima-se que áreas com problemas decorrentes da acidez do solo correspondam a aproximadamente 4,8 bilhões de hectares, o equivalente a 30% do total de áreas livres de gelo no mundo (SUMNER; NOBLE, 2003). Cerca de 6,1% da Austrália e da Nova Zelândia, 9,9% da Europa, 16,7% da África, 26,4% da Ásia e 40,9% da América apresentam solos ácidos (VON UEXKULL; MUTERT, 1995). A maior concentração de Latossolos, caracterizados por baixa fertilidade natural, alta saturação por alumínio (Al) e alta capacidade de fixação de fósforo (P), ocorre nas savanas da América do Sul, em partes da África Central e na Amazônia Oriental (SANCHEZ; SALINAS, 1981).

Estima-se que mais de 95% do cultivo de palma de óleo no Sudeste Asiático, região na qual se destacam a Indonésia e a Malásia como principais produtores, seja realizado em solos ácidos (MUTERT, 1999). Na Malásia, os *Ultisols* e *Oxisols*, que correspondem aos Argissolos e Latossolos, respectivamente, ocupam aproximadamente 72% da área do país. Esses solos apresentam avançado grau de intemperismo

e, por isso, sua fração argila é composta principalmente por caulinita e óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al) (ANDA et al., 2008). Além disso, tais solos são caracterizados por baixos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis e de fósforo (P) disponível (SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011).

No Brasil, grande parte dos solos utilizados para cultivo da palma de óleo também pertence à classe dos Latossolos (CHEPOTE et al., 1988). Na Amazônia, a palma de óleo é cultivada, predominantemente, em Latossolos, que ocupam aproximadamente 45% do território amazônico, e Argissolos, geralmente distróficos e/ou álicos (RODRIGUES et al., 2002). Esses solos são quimicamente semelhantes aos solos cultivados com palma de óleo na Malásia, ou seja, são ácidos e têm baixos teores de P disponível e de Ca, Mg e K trocáveis (MACÊDO; RODRIGUES, 2000; VIÉGAS; BOTELHO, 2000). No Estado do Pará, principal produtor de palma de óleo do Brasil, o P é o nutriente que mais limita o desenvolvimento e a produtividade dessa cultura (PACHECO et al., 1985). Outra característica química indesejável nos solos da região é o alto teor de Al trocável (SÁNCHEZ, 1976; GAMA et al., 2007). O sudeste da Bahia, com área de 90 mil quilômetros quadrados, possui 17,5% da área considerada adequada para cultivo de palma de óleo, 13,7% regular, 56,8% marginal e 12,0% inadequada (LEÃO, 1990). Nessa região, a palma de óleo também é cultivada predominantemente em Latossolos de baixa fertilidade (CHEPOTE et al., 1988).

Os solos cultivados com palma de óleo, que são naturalmente ácidos (CORLEY; TINKER, 2003), tornam-se mais ácidos ainda em razão da remoção de Ca, Mg e K pela colheita e da aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como o sulfato de amônio, que possuem poder acidificante. A acidificação do solo é maior quando se aplicam esses fertilizantes de modo concentrado na área, por exemplo, na coroa da planta. O problema é que o aumento da acidez do solo pode resultar na redução da produtividade de cachos (NELSON et al., 2011). Mesmo assim, a correção da acidez do solo não é realizada nos palmares.

Além de poder prejudicar a produção, a acidez do solo também pode comprometer a longevidade da cultura. Atributos característicos de solos ácidos vêm sendo associados com a anomalia da palma de óleo conhecida como amarelecimento fatal (AF), que pode dizimar a plantação. Estudo feito na Colômbia mostrou que a incidência de AF foi positivamente correlacionada com a saturação por Al do solo ($r = 0,57$; $P < 0,05$), ou seja, o AF era mais comum nas plantações à medida que aumentava a proporção de Al no solo (CRISTANCHO et al., 2007a). Em outro estudo, foram observados valores significativamente superiores de saturação por Al ($m = 63\%$) em amostras de solo coletadas ao redor de plantas com AF em comparação com amostras coletadas ao redor de plantas sem AF ($m = 55\%$) (ACOSTA; MUNÉVAR, 2003). Recentemente, foi publicada uma revisão relatando que há indícios de que a deficiência de Ca, comum em solos ácidos, seja a causa primária do AF (LAING, 2012).

Ramos et al. (2006), em teste de campo e sem repetição dos tratamentos, não observaram efeito da aplicação de calcário no solo no controle do AF da palma de óleo no Estado do Pará. No entanto, a aplicação de calcário, na dose de 3 t ha^{-1} , foi insuficiente para corrigir a acidez do solo, pois a saturação por bases do solo, na camada de 0-15 cm, aumentou de 9% para apenas 33% após a aplicação de calcário. Esse pequeno aumento na saturação por bases do solo provavelmente não foi suficiente para a calagem mostrar seus benefícios.

Correção da acidez de solos cultivados com palma de óleo

Impacto na fertilidade do solo e na eficiência de fertilizantes

A primeira informação que precisa ser conhecida sob o ponto de vista da fertilidade do solo, antes do plantio em uma área, é a reação do solo, que pode ser ácida, neutra ou alcalina. A condição mais comum nos solos brasileiros é a acidez excessiva, que geralmente prejudica

a produção das culturas. Para diminuir a acidez e, assim, favorecer o cultivo agrícola, emprega-se a calagem, que é considerada um dos melhores investimentos que podem ser feitos (RAIJ, 2011).

O corretivo de acidez do solo mais utilizado no Brasil é o calcário, produto obtido pela moagem de rocha calcária. Sua composição química varia bastante, principalmente em termos de Mg. Calcário com elevado teor de Mg ($> 12\%$ de MgO) é fonte desse nutriente para diversas culturas (QUAGGIO, 2000). Seu emprego pode ser interessante também para palma de óleo, pois minimizaria o uso intensivo de fertilizantes magnesianos, resultando em abatimento do custo de adubação, uma vez que o preço desses fertilizantes é alto. Numa situação ideal, o calcário elevaria o teor de Mg trocável no solo a um valor razoável para a cultura, a partir do qual poderia ser mantido com uso de fertilizantes magnesianos. Nesse caso hipotético, o calcário faria a correção e o fertilizante magnesiano a manutenção do teor de Mg no solo. O uso combinado desses insumos pode ser uma estratégia adequada para suprir Mg para palma de óleo, principalmente no caso do híbrido interespecífico de palma de óleo (*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq), que aparentemente é mais exigente do que a palma africana, pois exibe sintomas característicos de deficiência (Figura 1) com mais frequência sob as mesmas condições de adubação magnesiana. Entretanto, estudos precisam ser feitos para comprovar a sinergia entre calcário e fertilizante magnesiano para palma de óleo.

O sintoma visual de deficiência de Mg em palma de óleo é caracterizado pela clorose dos folíolos da extremidade das folhas mais velhas, que avança do ápice do folíolo para a sua base, e pode evoluir para necrose do tecido vegetal. Esse sintoma é conhecido como “efeito sombra”, pois os folíolos mais expostos ao sol se tornam amarelados, enquanto os sombreados permanecem verdes (VIÉGAS; BOTELHO, 2000; RODRIGUES et al., 2010).



Figura 1. Sintoma visual de deficiência de magnésio em híbrido interespecífico (cv. Manicoré) de palma de óleo com 5 anos cultivado em Moju, PA.

Embora possa suprir a necessidade de Mg das mais diversas culturas, a aplicação de calcário proporciona efeitos complexos em termos de correção da acidez do solo que não podem ser considerados isoladamente. Entre os benefícios mais evidentes da adição de calcário ao solo estão: a) a própria correção da acidez, ou seja, a elevação do valor de pH; b) fornecimento de Ca, além de Mg, como já comentado; c) redução dos teores de Al trocável e de manganês (Mn) disponível, que, em excesso, podem ser tóxicos para as plantas; d) aumento na disponibilidade de nutrientes nativos do solo, com destaque para o P; e) melhoria da eficiência de fertilizantes (QUAGGIO, 2000).

Entre esses processos, a eficiência de fertilizantes tem sido muito destacada na pesquisa recente em fertilidade do solo, pela necessidade urgente de reduzir perdas de nutrientes em sistemas agrícolas e, assim,

minimizar o custo de produção e o impacto ambiental decorrente da atividade agrícola, com vistas ao desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável (para revisão, o leitor deve consultar a publicação de Prochnow et al., 2010).

Ao contrário da calagem, a aplicação de fertilizantes é reconhecidamente necessária na cultura da palma de óleo, pois, além de ser altamente exigente em nutrientes, seu cultivo é realizado predominantemente em solos de baixa fertilidade (GOH; HÄRDTER, 2003). Na Malásia, aplicações regulares de altas doses de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos são essenciais para obtenção de altas produtividades de cachos (SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011). No Sudeste Asiático, os fertilizantes representam aproximadamente 60% do custo de produção da cultura (RANKINE; FAIRHURST, 2008).

No Brasil, os fertilizantes também representam grande parte do custo de produção da palma de óleo. As quantidades anuais de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) recomendadas para a produção de 25 t ha⁻¹ de cachos, baseando-se na exportação de nutrientes, são: 100 kg ha⁻¹ de N, 39 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 210 kg ha⁻¹ de K₂O (VIÉGAS, 1993) ou 91 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 108 kg ha⁻¹ de K₂O (VEIGA et al., 2001), o que corresponde à aplicação de aproximadamente 1,5 t ha⁻¹ de fertilizantes, considerando-se a ureia (45% de N total e eficiência de 40%), o superfosfato triplo (45% de P₂O₅ solúvel em CNA + H₂O e eficiência de 20%) e o cloreto de potássio (60% de K₂O solúvel em água e eficiência de 50%) como fontes de N, P e K, respectivamente. Embora sejam aplicadas altas doses de fertilizantes, existe grande diferença entre o potencial de produtividade de cachos (35 a 40 t ha⁻¹ ano⁻¹) e as médias obtidas em plantios comerciais (ao redor de 20 a 22 t ha⁻¹ ano⁻¹) (CHEW, 2001; SHEIL et al., 2009). Em parte, essa discrepância está associada à baixa eficiência dos fertilizantes.

A acidez do solo é um dos fatores responsáveis por essa baixa eficiência (FAGERIA; BALIGAR, 2008). Assim, sua correção pode tornar os fertilizantes mais eficientes. No caso dos fertilizantes

fosfatados solúveis em água, a diminuição da acidez, além de aumentar a disponibilidade do P nativo do solo, minimiza a fixação de P desses fertilizantes, aumentando, portanto, sua eficiência no fornecimento do nutriente às culturas (QUAGGIO, 2000; SOUSA; LOBATO, 2003; RAIJ, 2011). No entanto, a correção da acidez do solo pode reduzir a eficiência dos fosfatos naturais, que juntamente com os superfosfatos são as fontes de P mais aplicadas na palma de óleo. A correção da acidez de solos tropicais também melhora a eficiência dos fertilizantes potássicos solúveis em água, pois minimiza a perda de K por lixiviação, aumentando sua disponibilidade na camada superficial, onde se concentram as raízes das plantas (QUAGGIO, 2000; VILELA et al., 2004; RAIJ, 2011).

Padilha (2005) observou redução no teor de potássio com a aplicação de fosfato de rocha e o autor atribuiu esse efeito ao cálcio contido nessa fonte de P. É importante ressaltar que, possivelmente, a correção da acidez do solo resultará em maiores produtividades e em maior exigência nutricional pela palma de óleo. Com isso serão necessários novos estudos para adequar as doses de todos os nutrientes para essa cultura.

Esses efeitos da correção da acidez do solo no aumento da eficiência dos fertilizantes fosfatados e potássicos solúveis em água podem ser estendidos às plantações de palma de óleo, uma vez que estão relacionados com processos que ocorrem no solo, e não propriamente com o tipo de cultura. Entretanto, isso não dispensa os experimentos com calagem em palma de óleo, pois os efeitos dessa prática agrônômica são mais amplos e precisam ser avaliados para garantir o benefício integral da tecnologia.

Resultados de estudos recentes

Embora a palma de óleo seja cultivada em solos ácidos na Malásia, não se recomenda aplicação de calcário, pois essa espécie é considerada tolerante à acidez do solo, podendo ser cultivada em condições de pH 4,3 (AUXTERO; SHAMSHUDDIN, 1991), e também se considera a calagem economicamente inviável em decorrência da grande área

cultivada naquele país (SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011). No entanto, estudos realizados recentemente na Colômbia e na Malásia com mudas de palma de óleo mostram que essa espécie se beneficia da correção da acidez do solo, principalmente pela redução dos teores de Al trocável (CRISTANCHO et al., 2011a; CRISTANCHO et al., 2011b; CRISTANCHO et al., 2011c). Além disso, também foi observado nesses estudos que há diferença entre os materiais genéticos quanto à tolerância às condições de acidez do solo (CRISTANCHO et al., 2011a; CRISTANCHO et al., 2011b; CRISTANCHO et al., 2011c).

Em mudas de palma de óleo cultivadas em solo com alto teor de Al (saturação por Al = 84%), na ausência da correção da acidez, foram observadas clorose dos folíolos e redução no crescimento das plantas (CRISTANCHO et al., 2011a). Em outro estudo, verificou-se redução do sistema radicular de mudas cultivadas em solos com atividade elevada de Al (AUXTERO; SHAMSHUDDIN, 1991). Cristancho et al. (2007b) observaram correlação negativa e altamente significativa ($r = -0,70$; $P < 0,01$) entre o Al trocável no solo e a densidade de raízes de palma de óleo em produção, de modo que para cada $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Al houve redução na densidade de raízes de $0,1 \text{ cm cm}^{-3}$ de solo. Em outro estudo, foi observada a redução severa (57,5 %) na massa seca da parte aérea e no número de raízes finas (0-5 mm) (46,5 %) em mudas cultivadas em solução nutritiva contendo $200 \mu\text{M}$ de Al, conforme apresentado na Tabela 1 (CRISTANCHO et al., 2011c).

Tabela 1. Efeito da concentração de Al na solução nutritiva sobre o crescimento de mudas de palma de óleo.

Concentração de Al	Altura da planta	Diâmetro do colo	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Número de raízes finas por muda
μM	-----cm-----		-----g/planta-----		
0	23,00 a	1,14 a	1,53 a	0,29 a	2909,20 a
100	20,78 a	1,01 b	1,19 a	0,25 ab	2864,90 ab
200	15,67 b	0,81 c	0,65 b	0,21 b	1893,50 b

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Cristancho et al. (2011c).

Na Colômbia, constatou-se máxima resposta em produção de matéria seca da parte aérea de mudas de palma de óleo (IRHO código 1001) à correção da acidez com aplicação de carbonato de cálcio (CaCO₃) em quantidade que elevou a saturação por Ca do solo a 62,3% (Figura 2) (CRISTANCHO et al., 2011a). Na Malásia, foi observada diferença na resposta à correção de acidez do solo entre os materiais genéticos avaliados, de modo que um clone, obtido por cultura de tecidos, apresentou maior tolerância à acidez que o híbrido intraespecífico (dura x pisífera) (CRISTANCHO et al., 2011a).

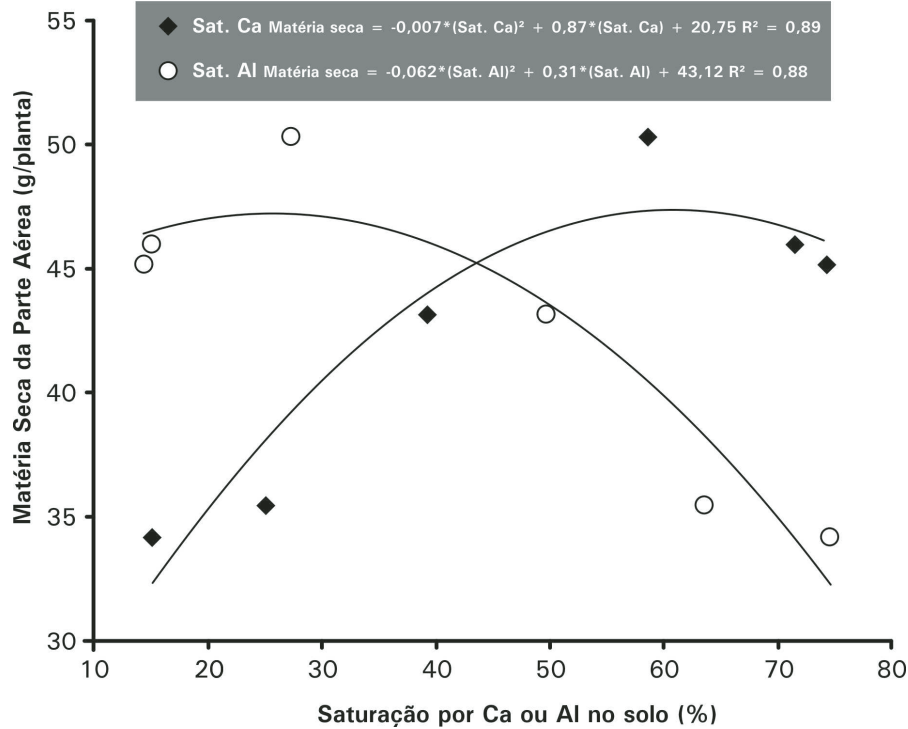


Figura 2. Efeito da saturação por cálcio e por alumínio no solo no crescimento de mudas de palma de óleo (IRHO 1001).

Fonte: adaptado de Cristancho et al. (2011a).

O aumento da saturação por Al no solo a partir de 26,5% reduziu o crescimento das mudas, sugerindo que a palma de óleo tolera a acidez do solo até determinado limite (Figura 2).

Em outro estudo realizado na Malásia, em solo com saturação por Al de 83%, também foi observada maior tolerância à acidez pelo clone 366, em comparação com o híbrido intraespecífico do tipo tenera (Deli dura x AVROS pisífera). Esse efeito foi atribuído ao maior crescimento do sistema radicular do clone 366 em relação ao tenera (CRISTANCHO et al., 2011b). Esses autores também relataram que, embora a palma de óleo seja considerada tolerante à acidez do solo, seu crescimento pode ser inibido em solos muito ácidos. Em outro estudo também foram observadas diferenças entre genótipos de palma de óleo quanto à tolerância ao Al. Os genótipos avaliados apresentaram a seguinte ordem de tolerância: Angola dura x Angola dura > Deli dura x Dumpy AVROS pisífera > Nigéria dura x Nigéria dura > Deli dura x AVROS pisífera (CRISTANCHO et al, 2011c). Diante dessa variabilidade, esses autores recomendaram a realização de pesquisas para selecionar progênies de palma de óleo com maior tolerância à acidez do solo.

Em experimento realizado no Estado do Pará, foi observado aumento linear da matéria seca do bulbo radicular de mudas de palma de óleo à aplicação de doses de calcário (CHAVES et al., 2003).

Com base nesses resultados experimentais, pode-se inferir que a palma de óleo tolera a acidez do solo até certo limite e os materiais genéticos apresentam tolerância diferencial ao Al, sugerindo que a calagem pode beneficiar a planta.

Há pouca informação disponível sobre a correção da acidez do solo para a palma de óleo no Brasil. No único trabalho encontrado, de experimento realizado por Chepote et al. (1998) em solo ácido da Bahia, não houve resposta no desenvolvimento vegetativo (perímetro do coleto) e na produtividade de cachos de palma de óleo pela

aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário, em área total, sem incorporação, no primeiro ano de cultivo. Além disso, não foi observado aumento nos teores de Ca trocável no solo que recebeu calcário, indicando que a aplicação do corretivo não foi efetiva, provavelmente pela baixa dose empregada e pelo fato de não ter sido incorporado ao solo, que é uma condição primária para a calagem expressar seus efeitos (QUAGGIO, 2000).

Os corretivos de acidez apresentam baixa solubilidade e para reagir com a fonte de acidez é necessário maior contato com as partículas de solo. De modo geral, os agricultores negligenciam a importância da incorporação do calcário, o que resulta em menor eficiência da calagem (QUAGGIO, 2000).

Corretivos de acidez do solo

A neutralização da acidez do solo pode ser realizada com a aplicação de vários compostos que podem liberar OH⁻ e/ou HCO₃⁻ (SOUZA et al., 2007). Os corretivos mais utilizados são as rochas calcárias moídas, que são constituídas dos minerais calcita, magnesita e dolomita. Esses minerais possuem em sua composição carbonatos de cálcio e de magnésio (QUAGGIO, 2000).

Foi realizado estudo, em laboratório, de incubação de amostras de solos ácidos cultivados com palma de óleo na Malásia, para avaliar o efeito da aplicação de calcário com alto teor de Mg (15,7% de MgO), carbonato de magnésio, fosfato natural reativo de Gafsa, gesso e kieserita na acidez e na fertilidade do solo. As doses testadas de cada insumo foram equivalentes a 0 t ha⁻¹, 2,2 t ha⁻¹, 3,5 t ha⁻¹, 4,8 t ha⁻¹ e 6,1 t ha⁻¹ (CRISTANCHO et al., 2009).

Na Tabela 2, observa-se que o calcário apresentou maior eficiência em reduzir a acidez do solo. Após análise econômica, também foi observado que o calcário (USD 118,50) apresentou menor custo para neutralizar o Al trocável no solo (cmol_c kg⁻¹ de Al³⁺ neutralizado), quando comparado

ao FNR de Gafsa (USD 232,36) e ao MgCO_3 (USD 681,03). Portanto, o calcário apresentou maior eficiência agronômica e econômica em neutralizar a acidez do solo (CRISTANCHO et al., 2009).

Tabela 2. Efeito da aplicação de uma tonelada de calcário ($\text{MgO} = 15,7\%$), carbonato de magnésio (MgCO_3), fosfato natural reativo (FNR) de Gafsa, gesso e sulfato de magnésio (kieserita) em atributos químicos do solo.

Fonte	Efeito
Calcário	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de aproximadamente 0,3 unidade no pH (H_2O) - Redução na saturação por Al de 9,3%
MgCO_3	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de aproximadamente 0,1 unidade no pH (H_2O) - Redução na saturação por Al de 13%
FNR de Gafsa	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de aproximadamente 0,06 unidade no pH (H_2O) - Aumento no teor de P disponível (extrator Bray II) em aproximadamente 15 mg kg^{-1}
Gesso	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento no teor de Ca em 1,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ - Redução de aproximadamente 0,05 unidade no pH (H_2O)
Kieserita	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento no teor de Mg em 1,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ - Redução de aproximadamente 0,04 unidade no pH (H_2O)

Fonte: adaptado de Cristancho et al. (2009).

A aplicação de FNR de Gafsa, que tem carbonato em sua composição, aumentou ligeiramente o pH do solo. Para cada tonelada aplicada desse fosfato, o teor de P disponível no solo (extrator Bray II) aumentou aproximadamente 15 mg kg^{-1} (Tabela 2). Esse teor de P no solo é considerado adequado para a produção da palma de óleo (MUNÉVAR et al., 2001). A aplicação de gesso e kieserita resultou em pequeno decréscimo no pH do solo, e em aumento no teor de Ca e Mg no solo, respectivamente (CRISTANCHO et al., 2009).

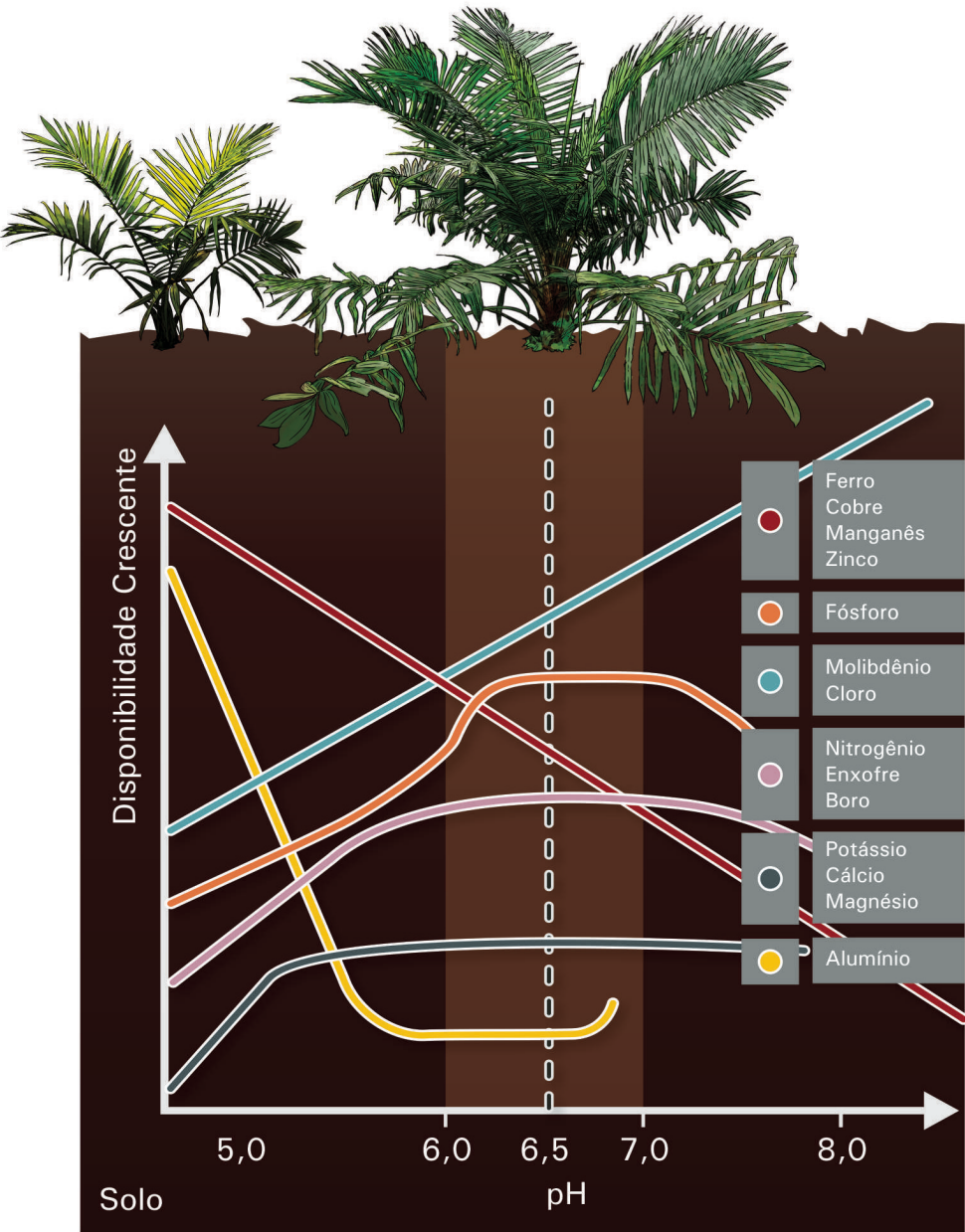


Figura 3. Relação entre pH do solo e disponibilidade de nutrientes e de alumínio.

Fonte: adaptado de Malavolta (1980).

Para recomendação de calagem no Brasil, empregam-se comumente três métodos: método do Al trocável, método da solução tampão SMP e método da saturação por bases (QUAGGIO, 2000). A grande vantagem da determinação da NC pelo método da elevação da saturação por bases é a flexibilidade de adaptação para diferentes culturas, de acordo com as exigências destas, e a facilidade dos cálculos (RAIJ, 2011).

A calagem deve ser realizada por meio do emprego de critério técnico baseado na análise de solo, pois aplicação excessiva de calcário (supercalagem) pode induzir deficiência de micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) na cultura, uma vez que a disponibilidade desses elementos é reduzida com o aumento do pH do solo (Figura 3).

Efeito da aplicação de cachos vazios no pH e no teor de Al trocável do solo

Em estudo realizado em palmar na Malásia, observou-se que a aplicação de cachos vazios da palma de óleo no solo melhorou a fertilidade do solo e aumentou a produtividade (ABU BAKAR et al., 2011). Nesse estudo, foram avaliados três tratamentos: a) aplicação de fertilizantes minerais NPK + Mg, sem cacho vazio; b) 150 kg planta⁻¹ ano⁻¹ de cachos vazios (ou 22,2 t ha⁻¹ ano⁻¹), sem adição de fertilizante (EFB 150); c) 300 kg planta⁻¹ ano⁻¹ de cachos vazios (ou 44,4 t ha⁻¹ ano⁻¹), sem adição de fertilizante (EFB 300). O experimento iniciou quando as plantas apresentavam 8 anos, e os cachos vazios foram aplicados sobre o solo, em montes, no meio de quatro plantas.

Após aplicações anuais de cacho vazio no solo, durante 10 anos, observou-se aumento no pH do solo na camada de 0 cm a 60 cm de profundidade, em duas unidades no tratamento EFB 300 e em uma unidade no EFB 150, quando comparado com a aplicação de fertilizantes (Figura 4). Além disso, a aplicação de 300 kg de cachos vazios planta⁻¹ ano⁻¹ reduziu o teor de Al trocável no solo (Figura 5) (ABU BAKAR et al., 2011).

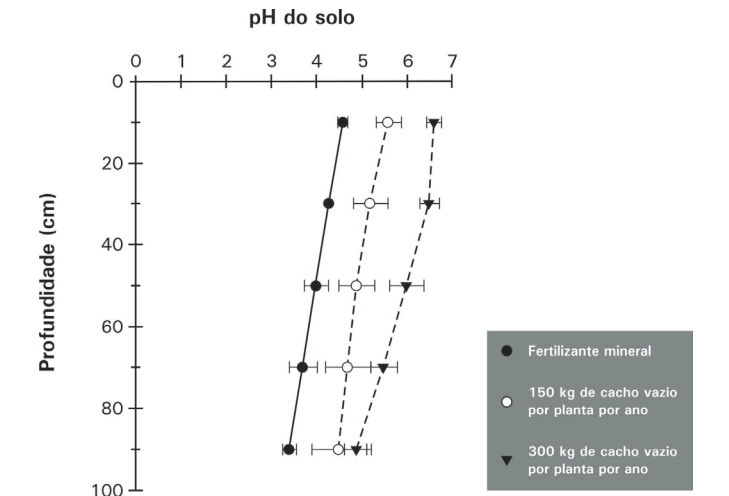


Figura 4. Efeito da aplicação de fertilizantes minerais e cachos vazios nas doses de 150 kg (EFB 150) e 300 kg (EFB 300) de cachos vazios planta⁻¹ ano⁻¹, durante 10 anos, no pH do solo.

Fonte: Abu Bakar et al. (2011).

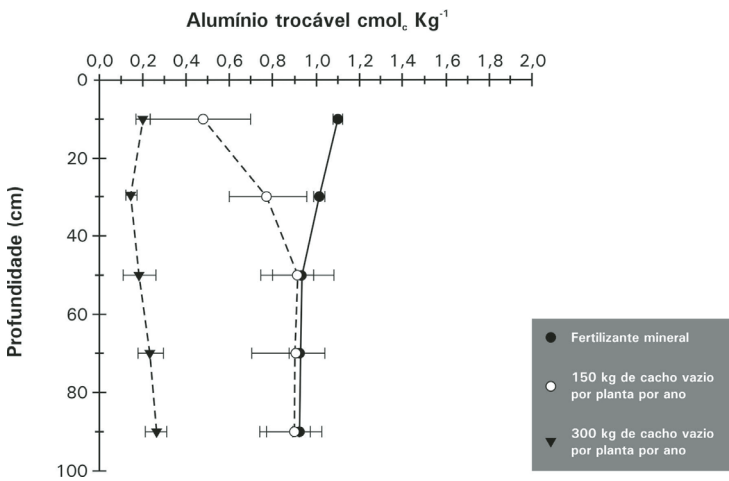


Figura 5. Efeito da aplicação de fertilizantes minerais e cachos vazios nas doses de 150 (EFB 150) e 300 (EFB 300) kg de cachos vazios planta⁻¹ ano⁻¹, durante 10 anos, no teor de alumínio trocável no solo.

Fonte: Abu Bakar et al. (2011).

Vale lembrar que os cachos vazios contribuem para o incremento do pH do solo somente no local de sua aplicação, diferentemente da calagem, em que a correção da acidez do solo é realizada em área total.

O aumento do pH do solo ocorre, provavelmente, pela liberação de ânions orgânicos (YAN; SCHUBERT, 2000; MOKOLOBATE; HAYNES, 2002) e de bases catiônicas (MARSCHNER; NOBLE 2000; LI et al. 2008) durante a decomposição do resíduo. Nos cachos vazios, particularmente, o teor de K é alto e essa pode ser a principal causa do aumento no pH do solo (ABU BAKAR et al., 2011).

A produtividade média anual de cachos durante a condução do experimento variou de 25,2 t ha⁻¹ a 27,9 t ha⁻¹. Não foi observada diferença significativa na produtividade entre o tratamento com aplicação de fertilizantes e o EFB150, ou seja, o fornecimento de nutrientes somente com aplicação de 150 kg planta⁻¹ ano⁻¹ de cachos vazios foi suficiente para atingir a mesma produtividade com a adubação com fertilizantes (ABU BAKAR et al., 2011). Além disso, também foi observado que a produtividade média de cachos com aplicação de 300 kg de cachos vazios planta⁻¹ ano⁻¹ foi 9% superior à de 150 kg de cachos vazios planta⁻¹ ano⁻¹ (ABU BAKAR et al., 2011). Resultados semelhantes foram observados por Teixeira et al. (2001) no Estado do Pará, em que também se verificou o aumento do pH do solo e a redução do teor de Al com a aplicação no solo de cachos vazios da palma de óleo.



Foto: Vinicius Ide Franzini

Figura 6. Aplicação do calcário ao solo.



Foto: Vinícius Ide Franzini

Figura 7. Calcário aplicado sobre o solo.



Foto: Vinicius Ide Franzini

Figura 8. Incorporação do calcário ao solo.

Considerações finais

Resultados de pesquisas realizadas em outros países mostram que a palma de óleo parece não ser tão tolerante à acidez do solo como é amplamente divulgado e defendido no setor produtivo e até mesmo no meio científico. Isso sugere que a realização da calagem, mediante aplicação criteriosa de calcário, ao diminuir a acidez e melhorar a fertilidade do solo e a eficiência dos fertilizantes, pode aumentar a produtividade da cultura, proporcionando benefícios não só econômicos, mas também ambientais e até mesmo sociais. No entanto, os efeitos positivos da calagem precisam ser comprovados por meio de experimentos. A Embrapa Amazônia Oriental e a Marborges Agroflorestal Ltda. instalaram um experimento em parceria no Município de Moju, Estado do Pará (Figuras 6, 7 e 8), em área de replantio, para avaliar os efeitos de doses de calcário no crescimento e na produtividade do híbrido interespecífico (cv. Manicoré) da palma de óleo. Mais parcerias estão sendo firmadas para que sejam instalados experimentos com calagem em outras regiões representativas da cultura.

Referências

ABU BAKAR, R.; DARUS, S. Z. ; KULASEHARAN, S.; JAMALUDDIN, N. Effects of ten year application of empty fruit bunches in an oil palm plantation on soil chemical properties. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 89, n. 3, p. 341-349, 2011.

ACOSTA, A.; MUNÉVAR, F. Bud Rot in Oil Palm Plantations: Link to Soil Physical Properties and Nutrient Status. **Better Crops International**, v. 17, n. 2, p. 22-25, 2003.

AGRIANUAL 2010: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2019. 520 p.

ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I.; SYED OMAR, S. R. Mineralogy and factors controlling charge development of three Oxisols developed from different parent materials. **Geoderma**, v. 143, n. 1/2, p. 153-167, 2008.

AUXTERO E .A.; SHAMSHUDDIN, J. Growth of oil palm (*Elaeis-Guineensis*) seedlings on acid sulfate soils as affected by water regime and aluminum. **Plant and Soil**, v. 137, n. 2, p. 243-257, 1991.

CHAVES, C. A.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, G. R.; THOMAZ, M. A. A.; FRAZÃO, D. A. C. Efeito da calagem no crescimento de dendezeiros jovens e nas propriedades químicas de um latossolo amarelo no município de Santa Bárbara (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 81-92, 2003.

CHEPOTE, R. E.; VALLE, R. R.; SANTANA, C. J. L. de. Resposta do dendê à adubação mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, n. 3, p. 257 262, 1988.

CHEW, P. S. Plantation R & D in oil palm - are we reaching the point of diminishing returns? **The Planter**, v. 902, p. 251-253, 2001.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The oil palm**. 4th. Oxford: Blackwell Science, 2003. 562 p. CRISTANCHO, R. J. A.; MOSQUERA, R. M.; CASTILLA, C. C.; SILVA, C. J. Relationship between Al, Mg, and K saturation and the incidence of bud rot in oil palm at the East Colombian region. **Palmas**, v. 28, n. 2, p. 3-9, 2007a.

CRISTANCHO R. J. A.; MUNEVAR M. F.; ACOSTA G. A.; SANTACRUZ, A. L.; TORRES V. M. Relationship between soil characteristics and the distribution of mature oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) root system. **Palmas**, v. 28, n. 1, p. 24-30, 2007b.

CRISTANCHO R. J. A.; HANAFI, M. M.; SYED OMAR, S. R.; RAFII, M. Chemical characteristics of representative high aluminium saturation soil as affected by addition of soil amendments in a closed incubation system. **Malaysian Journal of Soil Science**, v. 13, p. 13-28, 2009.

CRISTANCHO, J. A. R.; HANAFI, M. M.; OMAR, S. R. S.; RAFII, Y. M.; MARTÍNEZ, F. M.; CAMPOS, C. E. C. Alleviation of aluminum in acidic soils and its effect on growth of hybrid and clonal oil palm seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 3, p. 387-401, 2011a.

CRISTANCHO, R. J. A.; HANAFI, M. M.; SYED OMAR, S. R.; RAFII, M. Y. Alleviation of soil acidity improves the performance of oil palm progenies planted on an acid Ultisol. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science**, v. 61, n. 6, p. 487-498, 2011b.

CRISTANCHO, R. J. A.; HANAFI, M. M.; SYED OMAR, S. R.; RAFII, M. Y. Variations in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progeny response to high aluminium concentrations in solution culture. **Plant Biology**, v. 13, n. 2, p. 333-342, 2011c.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v. 99, p. 345-431, 2008.

GAMA, J. R. N. F.; CARVALHO, E. J. M.; RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A. Solos do Estado do Pará. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.).

Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017, pt. 1, cap 1.p. 19-30.

GOH K. J.; HÄRDTER, R. General oil palm nutrition. In: Thomas Fairhurst and Rolf Hardter (Ed.). **Oil palm: management for large and sustainable yields.** [Norcross]: Potash & Phosphate Institute: International Potash Institute, p. 191-230, 2003.

LAING, D. Deficiência temporária de cálcio como causa primária do Amarelecimento Fatal do Dendzeiro. **IPNI: Informações Agronômicas**, v. 137, p.1-17, 2012.

LEÃO, A. C. Classes de solos para dendê no sudeste da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 587-597, 1990.

LI, Z. A.; ZOU, B.; XIA, H. P.; DING, Y. Z.; TAN, W. N.; FU, S. L. Role of low-molecule-weight organic acids and their salts in regulating soil pH. **Pedosphere**, v. 18, n. 2, p. 137-148, 2008.

MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M. R. L. Solos da Amazônia e o cultivo do dendzeiro. In: VIÉGAS, I. de J.M.; MÜLLER, A.A. (Org.). **A cultura do dendzeiro na Amazônia brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, v. 1, p. 73-87.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MARSCHNER, B.; NOBLE, A. D. Chemical and biological processes leading to the neutralization of acidity in soil incubated with litter materials. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, n. 6, p. 805-813, 2000.

MOKOLOBATE M. S.; HAYNES R. J. Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 2, p. 79-85, 2002.

MUNEVAR M, F. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. **Palmas**, v. 22, n. 1, p. 9-17, 2001.

MUTERT, E. Suitability of Soils for Oil Palm in Southeast Asia. **Better Crops International**, v. 13, n. 1, p. 36-38, 1999.

NELSON, P. N.; RHEBERGEN, T.; BERTHELSEN, S.; WEBB, M. J.; BANABAS, M.; OBERTHÜR, T.; DONOUGH, C. R.; RAHMADSYAH, K. I.; LUBIS, A. Soil Acidification under Oil Palm: Rates and Effects on Yield. **Better Crops**, v. 95, n. 4, p. 22-25, 2011.

OIL World Annual. Hamburg: ISTA Mielke, 2011.

PACHECO, A. R.; TAILLIEZ, B. J. de; SOUZA R. L. R. de; LIMA E. J. Mineral deficiencies of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the Belem (Para) region, Brazil. **Oléagineux**, v. 40, p. 295-309, 1985.

PADILHA, W. Efeito da adubação fosfatada, potássica e magnesiana sobre a produção e teor de nutrientes em dendezeiros (*Elaeis guineensis* Jacq.) nas condições edafoclimáticas do município de Tailândia - Pará.

2005. 97 p.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. v. 2. 362 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

RANKINE, I. R.; FAIRHURST, T. H. **Field handbook: oil palm series - Immature**. International Plant Nutrition Institute (IPNI) and PT Agrisoft Systems Indonesia, 2008. v. 2, 154 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAMOS, E. J.; VEIGA, A. S.; FURLAN JUNIOR, J. **Comportamento do dendezeiro ao amarelecimento fatal em área de replantio, sob diferentes formas de manejo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 22 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 243.

RODRIGUES, M. do R. L.; AMBLARD, P.; SILVA, E. B.; MACÊDO, J. L. V. de; CUNHA, R. N. V. da; TAVARES, A. M. **Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar**. Manaus. Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 9 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular técnica 11).

RODRIGUES, M. do R. L.; TEIXEIRA, P. C.; MACÊDO, J.L.V. de; CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R.; ROCHA, R. N. C. da; TEIXEIRA, W. G. Avaliação do estado nutricional e manejo da fertilidade do solo para a produção sustentável da cultura da palma de óleo na Amazônia. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. T. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p.115-126).

SÁNCHEZ, P. A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: J. Wiley, 1976. 618 p.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-406, 1981.

SHAMSHUDDIN, J.; DAUD, N. W. Classification and Management of Highly Weathered Soils in Malaysia for Production of Plantation Crops. In: GÜNGÖR, E.B.Ö. (Ed.). **Principles, application and assessment in soil science**. InTech, 2011, p. 75-86. 394 p.

SHEIL, D.; CASSON, A.; MEIJAARD, E.; NOORDWIJK, M. van; GASKELL, J.; SUNDERLAND-GROVES, J.; WERTZ, K.; KANNINEN, M. **The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: what do we know and what do we need to know?** Bogor: : CIFOR, 2009. 67p. (CIFOR. Occasional Paper, 51).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 102, p. 1–16, jun. 2003. Encarte técnico.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SUMNER, M. E.; NOBLE, A. D. Soil acidification: The world story. In: RENGEL, Z. **Handbook of Soil Acidity**, New York: M. Dekker,. 2003. p. 1-28.

TEIXEIRA, L. B.; FURLAN JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, R. F. de; BASTOS, J. B. **Pesquisas sobre o uso de engajo de dendê em dendezaes adultos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 24 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 71).

VEIGA, A. S., SINIMBÚ, S. do E. S., RAMOS, E. J. A. **Sistema de adubação do dendezeiro por reposição de nutrientes exportados pelo cacho**. DENPASA, Belém, PA: DENPASA, 2001. 30 p.

VIÉGAS, I. de J. M. **Crescimento do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo amarelo distrófico, Tailândia – Pará**. 1993. 217 f., Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Piracicaba.

VIÉGAS, I. de J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J.M.; MÜLLER, A.A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, p. 229-273.

VILELA, L; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. da. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p.169-183. 416 p

VON UEXKULL, H.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant and Soil**, v. 171, n. 1, p. 1-15. 1995.

YAN, F.; SCHUBERT, S. Soil pH changes after application of plant shoot materials of faba bean and wheat. **Plant and Soil**, v. 220, n. 1/2, p. 279-287, 2000.



Amazônia Oriental

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 10080